



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10284756 A**(43) Date of publication of application: **23 . 10 . 98**

(51) Int. Cl

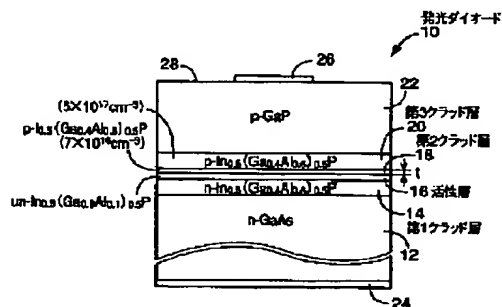
H01L 33/00(21) Application number: **09084177**(71) Applicant: **DAIDO STEEL CO LTD**(22) Date of filing: **02 . 04 . 97**(72) Inventor: **SONE TOSHINORI**(54) **LIGHT-EMITTING DIODE**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light-emitting diode, capable of inhibiting the deterioration of a radiant power output and reliability due to an impurity diffusion into a light-emitting layer.

SOLUTION: A second clad layer 18, which has carrier concentration lower than that of a third clad layer 20 and to which a similar impurity (Zn) as the third clad layer 20 is doped, is formed between the third clad layer 20 and an active layer 16. Accordingly, the quantity of the impurity (Zn) which diffuse into the active layer 16 is made lower than the case, when the third clad layer 20 is brought into contact directly with the active layer 16, because a diffusion into the active layer 16 of the impurity (Zn) existing among crystal lattices in the third clad layer 20 is inhibited by the second clad layer 18 which is formed between the third clad layer 20 and the active layer 16, while the carrier concentration in the second clad layer 18 is made lower than that in the third clad layer 20 and the quantity of the impurity (Zn) existing among the lattices in the second clad layer 18 is made smaller than in the third clad layer 20.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-284756

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

A
B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-84177

(22) 出願日 平成9年(1997)4月2日

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 曾根 豪紀

岐阜県土岐市土岐津町土岐口1742番地の1

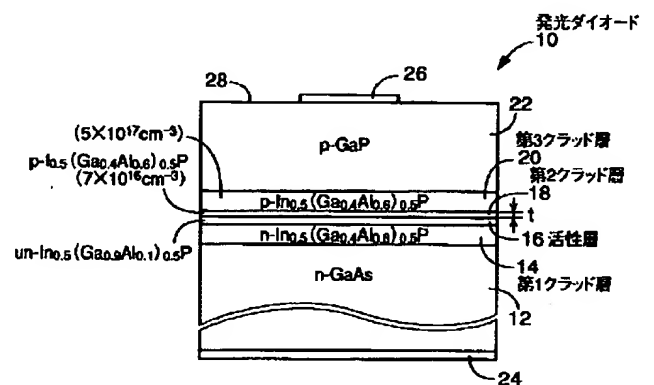
(74) 代理人 弁理士 池田 治幸 (外2名)

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 発光層内への不純物拡散に起因する発光出力や信頼性の低下を抑制し得る発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 第3クラッド層20と活性層16との間に、その第3クラッド層20よりも低いキャリア濃度で同様な不純物 (Zn) がドーピングされた第2クラッド層18が設けられる。そのため、第3クラッド層20と活性層16との間に設けられたその第2クラッド層18によって、その第3クラッド層20内において結晶格子間に存在する不純物 (Zn) が活性層16内に拡散することが抑制されると共に、その第2クラッド層18は第3クラッド層20よりもキャリア濃度が低くされてその内部において格子間に存在する不純物 (Zn) 量が第3クラッド層20よりも少なくされていることから、その第3クラッド層20が活性層16に直接接している場合よりも活性層16内に拡散する不純物 (Zn) 量が少なくされる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層と、該発光層を挟んで位置させられた所定の第 1 のキャリア濃度となるように第 1 の不純物がドーピングされた第 1 半導体層および所定の第 2 のキャリア濃度となるように第 2 の不純物がドーピングされた第 2 半導体層とを含む複数の化合物半導体層が積層されて成り、該複数の化合物半導体層の表面と裏面との間に通電することにより該発光層で発生した光を該表面から取り出す形式の発光ダイオードにおいて、前記第 1 半導体層と前記発光層との間に、前記第 1 のキャリア濃度よりも低い第 3 のキャリア濃度となるように前記第 1 の不純物がドーピングされた第 3 半導体層を設けたことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 2】 前記第 2 半導体層と前記発光層との間に、前記第 2 のキャリア濃度よりも低い第 4 のキャリア濃度となるように前記第 2 の不純物がドーピングされた第 4 半導体層を更に設けたものである請求項 1 の発光ダイオード。

【請求項 3】 前記発光層、前記第 1 半導体層、および前記第 2 半導体層は、何れも InGaAlP 系化合物半導体である請求項 1 または 2 の発光ダイオード。

【請求項 4】 前記第 1 の不純物は、p 型のドーパントである請求項 1 または 3 の発光ダイオード。

【請求項 5】 前記第 3 半導体層は、0.05 乃至 0.5 (μm) の厚さで設けられたものである請求項 1、3、および 4 の何れかの発光ダイオード。

【請求項 6】 前記第 4 半導体層は、0.05 乃至 0.5 (μm) の厚さで設けられたものである請求項 2 または 3 の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオードの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 基板上に発光層とその発光層を挟んで位置させられた第 1 半導体層および第 2 半導体層とを含む複数の化合物半導体層が積層されて成り、それら複数の化合物半導体層の表面と裏面との間に通電することによりその発光層で発生した光をその表面から取り出す形式の発光ダイオードが知られている。例えば、AlGaAs 系、GaAsP 系、GaP 系、或いは InGaAlP 系等の化合物半導体から成り可視光領域の発光が得られる発光ダイオードはその一例である。これらのうち、InGaAlP 系の化合物半導体から成るものは、発光波長 555 ～ 650 (nm) 程度 (緑色乃至赤色) の発光が他の材料系に比較して高輝度で得られるという利点がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 一般に、上記のような発光ダイオードは、第 1 半導体層および第 2 半導体層のそれぞれに Zn (亜鉛) や Mg (マグネシウム) 等の p 型の

ドーパントとなる不純物、或いは Se (セレン) や Si (珪素) 等の n 型のドーパントとなる不純物がドーピングされることによって、所定のキャリア濃度とされた互いに導電型の異なる p 型半導体層および n 型半導体層が発光層を挟んで設けられた構造とされている。

【0004】 しかしながら、一般に、これら第 1 半導体層および第 2 半導体層にドーピングされた不純物は必ずしも全てが結晶構成原子と置換すなわち活性化されず、一部は結晶格子間に入り込む。そのため、格子間に入った不純物が、エピタキシャルウエハの結晶成長中、結晶成長後のチップ製作工程、または実際にチップを使用している通電時等において発光層中に拡散し、発光ダイオードの特性を低下させるという問題があった。この場合、特に大きな問題は発光出力および信頼性の低下である。ここで、信頼性の低下とは、経時的な発光出力の低下すなわち劣化を意味する。第 1 半導体層或いは第 2 半導体層中にドーピングされ活性化していない不純物が発光層中に拡散して入り込むと非発光再結合中心として働くため、発光出力が低下するのである。なお、活性化された不純物すなわち結晶構成原子と置換された不純物が化合物半導体層内で移動 (拡散) することは、殆ど生じないと考えられている。

【0005】 特に、前記の InGaAlP 系化合物半導体では不純物の活性化率が低いことから、所望のキャリア濃度を得るためには AlGaAs 系化合物半導体等 に比べて高濃度でドーピングをする必要があるが、これにより活性化されない不純物量が増大させられて結晶中に拡散する不純物が増加させられるため、上記の問題が一層顕著となる。なお、活性化されない不純物量を低下させる目的でドーピング量を減らすとキャリア濃度が低くなるため、結晶の抵抗率が高くなって発光ダイオードの動作電圧が増大させられるという問題が生じる。

【0006】 本発明は、以上の事情を背景として為されたものであって、その目的は、発光層内への不純物拡散に起因する発光出力や信頼性の低下を抑制し得る発光ダイオードを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 斯かる目的を達成するため、本発明の要旨とするところは、発光層と、その発光層を挟んで位置させられた所定の第 1 のキャリア濃度となるように第 1 の不純物がドーピングされた第 1 半導体層および所定の第 2 のキャリア濃度となるように第 2 の不純物がドーピングされた第 2 半導体層とを含む複数の化合物半導体層が積層されて成り、それら複数の化合物半導体層の表面と裏面との間に通電することによりその発光層で発生した光をその表面から取り出す形式の発光ダイオードにおいて、(a) 前記第 1 半導体層と前記発光層との間に、前記第 1 のキャリア濃度よりも低い第 3 のキャリア濃度となるように前記第 1 の不純物がドーピングされた第 3 半導体層を設けたことにある。

【0008】

【発明の効果】このようにすれば、第1半導体層と発光層との間に、第1のキャリア濃度よりも低い第3のキャリア濃度となるように第1の不純物がドーピングされた第3半導体層が設けられる。そのため、第1半導体層と発光層との間に設けられた第3半導体層によって、その第1半導体層内において結晶格子間に存在する第1の不純物が発光層内に拡散することが抑制されると共に、その第3半導体層は第1半導体層よりもキャリア濃度が低くされてその内部において格子間に存在する第1の不純物量が第1半導体層よりも少なくされていることから、その第3半導体層から発光層内に拡散する第1の不純物量は、その第1半導体層が発光層に直に接している場合よりも少なくなる。したがって、発光層内への不純物拡散量が少なくされて、それに起因する発光出力や信頼性の低下を抑制し得る発光ダイオードが得られる。この効果は、発光ダイオードがInGaAlP系化合物半導体から成る場合に特に顕著である。

【0009】

【発明の他の態様】ここで、好適には、前記発光ダイオードは、(b)前記第2半導体層と前記発光層との間に、前記第2のキャリア濃度よりも低い第4のキャリア濃度となるように前記第2の不純物がドーピングされた第4半導体層を更に設けたものである。このようにすれば、第2半導体層と発光層との間に、その第2半導体層のキャリア濃度である第2のキャリア濃度よりも低い第4のキャリア濃度となるように第2の不純物がドーピングされた第4半導体層が設けられることから、前記第3半導体層を第1半導体層と発光層との間に設けた場合と同様な作用によって発光層内に拡散する第2の不純物量が少なくされる。したがって、第1の不純物および第2の不純物の何れもが発光層内に拡散することが抑制されるため、発光層内への不純物拡散に起因する発光出力や信頼性の低下が一層抑制される。

【0010】また、好適には、前記発光層、前記第1半導体層、および前記第2半導体層は、何れもInGaAlP系化合物半導体である。このようにすれば、InGaAlP系化合物半導体では一般に抵抗率が高く且つ不純物の活性化率が低いことから、発光ダイオードの動作電圧を可及的に低くするために十分な前記第1のキャリア濃度或いは第2のキャリア濃度が高くなると共に、それらのキャリア濃度を得るために必要な不純物ドーピング量が多くなるため、第1半導体層および第2半導体層内において格子間に存在する活性化されていない第1の不純物および第2の不純物の量が多くなる。この場合において、それら第1半導体層および第2半導体層と発光層との間に、それらよりも不純物ドーピング量が少ない第3半導体層或いは第4半導体層が設けられることにより、第1の不純物および第2の不純物が発光層内に拡散することが抑制される。したがって、高輝度が得られる一方で発光出

力や信頼性の低下が生じ易かったInGaAlP系化合物半導体から成る発光ダイオードにおいて、発光出力や信頼性の低下を抑制できる。

【0011】また、好適には、前記第1の不純物は、p型のドーパントである。このようにすれば、第1半導体層が一般に高い活性化率を得難いp型ドーパントがドーピングされたものである場合にも、少なくともその第1半導体層と発光層との間に第1の不純物のドーピング量が少なくされた第3半導体層が備えられる。そのため、その第1半導体層において所定の第1のキャリア濃度を得るために不純物のドーピング量延いては格子間に存在する第1の不純物量が多くなる場合にも、格子間不純物量が少ない第3半導体層によって発光層への第1の不純物の拡散が抑制されることから、その第1の不純物の拡散に起因する発光出力や信頼性の低下が抑制される。なお、一層好適には、上記第1の不純物はZnである。Znはp型のドーパントの中でも特に結晶中での拡散速度が速く拡散し易いことから、第3半導体層を設ける効果が著しい。

【0012】また、好適には、前記第3半導体層は、0.05乃至0.5(μm)の厚さで設けられたものである。また、好適には、前記第4半導体層は、0.05乃至0.5(μm)の厚さで設けられたものである。このようにすれば、第3半導体層或いは第4半導体層の厚さは、第1半導体層或いは第2半導体層から発光層内への第1の不純物或いは第2の不純物の拡散を十分に抑制し得る範囲で十分に薄くされている。そのため、発光層内への不純物拡散に起因する発光出力や信頼性の低下を抑制しつつ、電気抵抗の増大に起因する動作電圧の上昇が抑制される。因みに、電気抵抗はキャリア濃度が低下するに従って増大する傾向にあることから、第3半導体層および第4半導体層は第1半導体層および第2半導体層に比較して電気抵抗が高くなる。そのため、駆動電圧の上昇を抑制するためには、この高抵抗の第3半導体層および第4半導体層が可及的に薄くされることが望まれる一方、薄くなり過ぎると第1半導体層および第2半導体層から発光層への不純物拡散を抑制する効果が殆ど得られなくなるため、両層の厚さは上記の範囲が好ましいのである。

【0013】また、好適には、前記第3半導体層および第4半導体層は、それぞれキャリア濃度が $1 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ 以下とされる。このようにすれば、キャリア濃度が十分に低くされていることから、第3半導体層および第4半導体層内に存在し得る格子間不純物量が十分に少なくされて、その不純物の発光層内への拡散に起因する発光出力や信頼性の低下が抑制される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施例において各部の寸法比等は必ずしも正確に描かれていない。

【0015】図1は、本発明の一実施例の発光ダイオード

ド10の構成を示す図である。図において、発光ダイオード10は、例えば有機金属気相エピタキシー(MOVPE: Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法等のよく知られた結晶成長技術によって、基板12上に順次結晶成長させられた第1クラッド層14、活性層16、第2クラッド層18、第3クラッド層20、および電流拡散層22と、基板12の下面および電流拡散層22の上面にそれぞれ固着された下部電極24および上部電極26とから構成されている。

【0016】上記の基板12は、例えば350(μm)程度の厚さのn-GaAs単結晶から成る化合物半導体であり、n型のドーパントであるSi(珪素)が不純物としてドーパされることによってキャリア濃度が $1 \times 10^{18} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。また、第1クラッド層14は、例えば1(μm)程度の厚さのn-In_{0.5}(Ga_{0.4}Al_{0.1})_{0.5}P単結晶から成る化合物半導体であり、n型のドーパントであるSe(セレン)が不純物としてドーパされることによってキャリア濃度が $5 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。また、活性層16は、例えば0.5(μm)程度の厚さのun-In_{0.5}(Ga_{0.4}Al_{0.1})_{0.5}P単結晶から成る化合物半導体であり、その極性を決定する不純物は何らドーパされていない。本実施例においては、上記の第1クラッド層14が第2半導体層に、n型のドーパントであるSeが第2の不純物にそれぞれ相当し、第2のキャリア濃度は $5 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ 程度である。

【0017】また、第2クラッド層18は、例えば $t = 0.2 (\mu\text{m})$ 程度の厚さのp-In_{0.5}(Ga_{0.4}Al_{0.1})_{0.5}P単結晶から成る化合物半導体であり、p型のドーパントであるZn(亜鉛)が不純物としてドーパされることによってキャリア濃度が $7 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。この第2クラッド層18は、キャリア濃度が低いことから基板12や他の層に比較して抵抗値が高くなっているが、厚み t が十分に小さくされていることから、発光ダイオード10全体の抵抗値(シリーズ抵抗)は殆ど高くない。また、第3クラッド層20は、例えば1(μm)程度の厚さのp-In_{0.5}(Ga_{0.4}Al_{0.1})_{0.5}P単結晶から成る化合物半導体であり、p型のドーパントであるZnが不純物としてドーパされることによってキャリア濃度が $5 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。したがって、一対の電極24、26間に所定の駆動電圧を印加することによって活性層16で発生させられる光は、波長が640(nm)程度の可視光となる。なお、第2クラッド層18と第3クラッド層20とは、キャリア濃度が異なる他は同様な化合物半導体から構成されていることから、不純物の活性化率も同様である。そのため、それらの不純物ドーピング量の比がキャリア濃度の比に応じた値となって、第2クラッド層18に対する不純物ドーピング量は第3クラッド層20に対する不純物ドーピング量よりも少なくなっている。本実施例においては、上記の第2クラッド層が第3半導体層に、第3クラッド層が第1半導体層に、

p型のドーパントであるZnが第1の不純物にそれぞれ相当し、第3のキャリア濃度は $7 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度、第1のキャリア濃度は $5 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ 程度すなわち第2のキャリア濃度と同様にされている。

【0018】また、電流拡散層22は、例えば5(μm)程度の厚さのp-GaP単結晶から成る化合物半導体であり、p型のドーパントであるZnが不純物としてドーパされることによってキャリア濃度が $1 \times 10^{18} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。この電流拡散層22を構成するGaPは可視光に対して透明であることから、活性層16で発生した光はこれに妨げられることなく、効率よく表面28側から取り出される。

【0019】また、前記の下部電極24は、例えば1(μm)程度の厚さであって、基板12の下面全面にその基板12側から順にAu-Ge合金、NiおよびAuが積層形成されたものである。また、上部電極26は、例えば1(μm)程度の厚さであって、電流拡散層22の表面28の中央部においてその電流拡散層22側から順にAu-Zn合金およびAuが積層形成されたものである。これら下部電極24および上部電極26は何れもオーミック電極である。

【0020】以上のように構成される発光ダイオード10は、例えば、原料ガスとしてトリメチルガリウム(TMg)、トリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルインジウム(TMI)、アルシン(AsH₃)、およびホスフィン(PH₃)、p型のドーパントガスとしてジエチル亜鉛(DEZ)、n型のドーパントガスとしてセレン化水素(H₂Se)を用い、MOVPE装置によって基板12上に第1クラッド層14乃至電流拡散層22を順次結晶成長させることにより製造される。この結晶成長の過程において、各層の組成に応じて結晶成長装置内に導入される原料ガスの種類および量比が適宜変更されると共に、各層の極性およびキャリア濃度に応じてドーパントガスの種類および量比が適宜変更されることによって、図1に示されるように層毎に組成およびキャリア濃度の異なるエピタキシャルウェハが得られることとなる。

【0021】そして、上記のようにして得られたウェハの両面に前記下部電極24および上部電極26を形成し、更に、ダイシングによって個々の発光ダイオードに対応するチップ毎に切断することにより、前記の発光ダイオード10が得られる。なお、発光ダイオード10は、例えば図示しないTO18フラットシステム等にダイボンディングされ且つシールされた状態で上部電極26に正電圧を、下部電極24に負電圧をそれぞれ印加して用いられる。

【0022】ここで、図2および図3は、上記の発光ダイオード10の特性評価結果を、第2クラッド層18に対応する化合物半導体層が設けられていない他は同様な構成とされた従来の発光ダイオードと対比して示すものである。図において「○」は本実施例の発光ダイオード10の測定値を、「×」は従来の発光ダイオードの測定

10

20

30

40

50

値をそれぞれ表す。図 2 は、定電流を印加したときの発光出力（相対値）をそれぞれ示したものである。図に示されるように、本実施例の発光ダイオード 10 によれば、従来の発光ダイオードの 1.5 倍程度の発光出力が得られる。また、図 3 は、発光ダイオードに連続して通電した場合の発光出力の変化を、初期値を 100(%) として相対値で表したものである。本実施例によれば、1000（時間）通電後も殆ど発光出力の低下が見られないのに対し、従来の発光ダイオードでは、10（時間）程度の連続通電でも明らかな発光出力低下が生じ、1000（時間）程度連続通電すると発光出力が 50(%) 程度まで低下する。すなわち、従来の発光ダイオードでは当初からそれほど高い出力が得られず、しかも、連続通電によって出力が大きく低下するが、本実施例によれば高出力が長時間に亘って維持されことから高い信頼性が得られるのである。

【0023】すなわち、本実施例によれば、第 3 クラッド層 20 と活性層 16 との間に、その第 3 クラッド層 20 よりも低いキャリア濃度で同様な不純物（Zn）がドーピングされた第 2 クラッド層 18 が設けられる。そのため、第 3 クラッド層 20 と活性層 16 との間に設けられたその第 2 クラッド層 18 によって、その第 3 クラッド層 20 内において結晶格子間に存在する不純物（Zn）が活性層 16 内に拡散することが抑制されると共に、その第 2 クラッド層 18 は第 3 クラッド層 20 よりもキャリア濃度が低くされてその内部において格子間に存在する不純物（Zn）量が第 3 クラッド層 20 よりも少なくされていることから、その第 3 クラッド層 20 が活性層 16 に直に接している場合よりも活性層 16 内に拡散する不純物（Zn）量が少なくされる。したがって、活性層 16 内への不純物拡散量が少なくされて、それに起因する発光出力や信頼性の低下を抑制し得る発光ダイオード 10 が得られる。

【0024】しかも、本実施例においては、第 1 クラッド層 14、活性層 16、および第 3 クラッド層 20 は、何れも InGaAlP 系化合物半導体である。この InGaAlP 系化合物半導体では抵抗率が高く且つ不純物の活性化率が低いことから、発光ダイオード 10 の動作電圧を可及的に低くするために前述のように第 1、第 2 クラッド層 14、20 のキャリア濃度を高くする必要があると共に、それら第 1 のキャリア濃度或いは第 2 のキャリア濃度を高めるために必要な不純物ドーピング量が多くなって、第 3 クラッド層 20 および第 1 クラッド層 14 内において格子間に存在する不純物（Zn および Se）の量が多くなる。この場合において、活性層 16 と第 3 クラッド層 20 との間に、その第 3 クラッド層 20 よりも不純物ドーピング量が少ない第 2 クラッド層 18 が設けられることにより、不純物（Zn）が活性層 16 内に拡散することが抑制されるため、高輝度が得られる一方で発光出力や信頼性の低下が生じ易かった InGaAlP 系化合物半導体から

成る発光ダイオード 10 において、発光出力や信頼性の低下が抑制される。

【0025】また、本実施例においては、前記第 2 クラッド層 18 は、 $t=0.2(\mu\text{m})$ 程度の厚さで設けられている。そのため、第 2 クラッド層 18 の厚さは、第 3 クラッド層 20 から活性層 16 内への不純物（Zn）の拡散を十分に抑制し得る範囲で十分に薄くされていることから、活性層 16 内への不純物拡散に起因する発光出力や信頼性の低下を抑制しつつ、電気抵抗の増大に起因する動作電圧の上昇が抑制される。

【0026】また、好適には、前記第 2 クラッド層 18 は、キャリア濃度が $7 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされている。そのため、キャリア濃度が十分に低くされていることから、第 2 クラッド層 18 内に存在し得る格子間不純物量が十分に少なくされて、その不純物の活性層 16 内への拡散に起因する発光出力や信頼性の低下が抑制される。

【0027】次に、本発明の他の実施例を説明する。なお、以下の実施例において前述の実施例と共通する部分は同一の符号を付して説明を省略する。

【0028】図 4 は、前記図 1 の要部に対応する部分を拡大して示す図である。本実施例においては、前記第 2 クラッド層 18 は設けられず、第 1 クラッド層 14 と活性層 16 との間に第 4 クラッド層 30 が設けられている。他の構成は前述の実施例と同様である。上記の第 4 クラッド層 30 は、例えば、 $t=0.2(\mu\text{m})$ 程度の厚さの $\text{n-In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.4}\text{Al}_{0.6})_{0.5}\text{P}$ 単結晶から成る化合物半導体であり、n 型のドーパントである Se が不純物としてドーブされることによってキャリア濃度が $7 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度とされたものである。すなわち、第 1 クラッド層 14 よりも十分に低いキャリア濃度で十分に薄い厚さに形成されている。本実施例においては、第 1 クラッド層 14 が第 1 半導体層に、第 4 クラッド層 30 が第 3 半導体層に相当し、第 3 のキャリア濃度は $7 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度である。したがって、本実施例においては、第 1 クラッド層 14 内に存在する格子間不純物（Se）が活性層 16 内に拡散することに起因する発光性能の低下が抑制される。すなわち、低キャリア濃度層は、基板側に設けられた第 1 半導体層と発光層との間に設けられてもよいのである。

【0029】図 5 は、更に他の実施例を説明するための図であって、図 4 に対応する図である。本実施例においては、第 1 クラッド層 14 と活性層 16 との間に第 4 クラッド層 30 が、第 3 クラッド層 20 と活性層 16 との間に第 2 クラッド層 18 がそれぞれ設けられている。これら第 4 クラッド層 30 および第 2 クラッド層 18 は、前記図 1 および図 4 に記載されたものと同様なものであり、それぞれの厚さ t_n 、 t_p は何れも $0.2(\mu\text{m})$ 程度とされている。本実施例においては、第 1 クラッド層 14 が第 2 半導体層に、第 2 クラッド層 18 が第 3 半導体層

に、第3クラッド層20が第1半導体層に、第4クラッド層30が第4半導体層にそれぞれ相当する。このようにすれば、第1クラッド層14および第3クラッド層20の何れの層内に存在する不純物（Zn、Se）共に、活性層16内に拡散することが第4クラッド層30或いは第2クラッド層18によってそれぞれ抑制されるため、一層確実に発光性能の低下が抑制される。

【0030】以上、本発明の一実施例を図面を参照して詳細に説明したが、本発明は更に別の態様でも実施される。

【0031】例えば、実施例においては、本発明がInGaAlP系ダブルヘテロ構造の発光ダイオード10に適用された場合について説明したが、InGaAs系、AlGaAs系、GaAsP系等の他のダブルヘテロ構造の発光ダイオードや、単なるp-n接合の発光ダイオード等にも本発明は同様に適用される。

【0032】また、実施例においては、基板12がGaAs化合物半導体から構成されると共に、電流拡散層22がGaP化合物半導体から構成され、n型のドーパントとしてSeが、p型のドーパントとしてZnがそれぞれ用いられていたが、これらを構成する化合物半導体やドーパントの種類は適宜変更される。例えば、基板12としてはGaPやInP等が用いられてもよく、また、電流拡散層22としてはInGaAlP化合物半導体やGaAlAs等が用いられてもよい。また、n型のドーパントとしてはSiが用いられてもよく、p型のドーパントとしてはMg等が用いられてもよい。

【0033】また、実施例では第1クラッド層14乃至電流拡散層22がMOVPE法によって結晶成長させられた発光ダイオード10に本発明が適用された場合について説明したが、各層が分子線エピタキシー（MBE：Molecular Beam Epitaxy）法、液相エピタキシー（LPE：Liquid Phase Epitaxy）法等の他のエピタキシャル成長技術を用いて形成された発光ダイオードにも本発明は同様に適用される。

【0034】また、実施例においては、第2クラッド層18および第4クラッド層30のキャリア濃度が何れも $7 \times 10^{16} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 程度とされていたが、これらのキャリア濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 程度以下の範囲で適宜変更される。

【0035】また、基板12、第1クラッド層14乃至電流拡散層22の各々の厚さは適宜変更される。但し、第3クラッド層18および第4クラッド層30の厚さ *

*は、第1クラッド層14或いは第3クラッド層20内の格子間不純物の拡散を十分に抑制すると共にシリーズ抵抗を可及的に低くするために、 $0.05 \sim 0.5 \text{ (}\mu\text{m)}$ 程度の範囲、更に好適には $0.2 \sim 0.3 \text{ (}\mu\text{m)}$ 程度の範囲に設定されることが好ましい。

【0036】また、実施例においては、活性層16が $\text{un-In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.9}\text{Al}_{0.1})_{0.5}\text{P}$ 単結晶から構成されていたが、不純物が予めドーピングされることにより活性層16がp型或いはn型とされている場合にも本発明は同様に適用される。また、活性層16は、例えば、量子井戸から構成されていてもよい。

【0037】また、図1、図4、および図5等々に示される素子構成において、第1クラッド層14と基板12との間に半導体多層膜反射層（DBR）等が備えられていてもよい。

【0038】また、実施例においては、全面発光型の発光ダイオード10に本発明が適用されていたが、上部電極26が表面28の周縁部に設けられると共に、活性層16の積層面に沿った方向の中央部のみに通電される電流狭窄構造を備えた点発光型発光ダイオードにも本発明は同様に適用される。

【0039】その他、一々例示はしないが、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で種々変更を加え得るものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の発光ダイオードの構成を模式的に示す図である。

【図2】図1の発光ダイオードの発光出力を従来の発光ダイオードと比較して示す図である。

【図3】図1の発光ダイオードの寿命特性を従来の発光ダイオードと比較して示す図である。

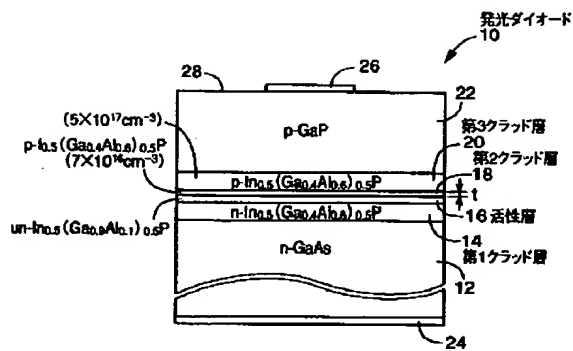
【図4】本発明の他の実施例の発光ダイオードの構成を示す図であって、図1の要部拡大図に対応する図である。

【図5】本発明の更に他の実施例の発光ダイオードの構成を示す図であって、図4に対応する図である。

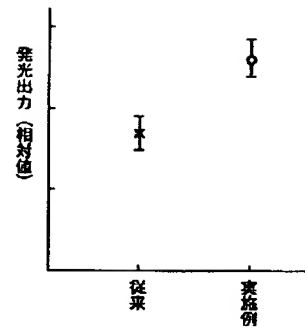
【符号の説明】

- 10：発光ダイオード
- 14：第1クラッド層（第2半導体層）
- 16：活性層（発光層）
- 18：第2クラッド層（第3半導体層）
- 20：第3クラッド層（第1半導体層）
- 30：第4クラッド層（第4半導体層）

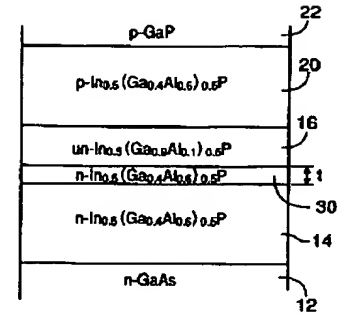
【図1】



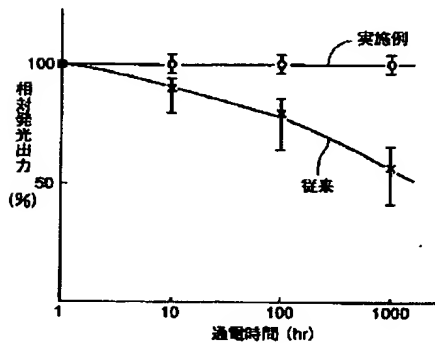
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

